International Science Journal of Engineering & Agriculture
2022; 1(4): 43-55
https://isg-journal.com/isjea/
doi: 10.46299/j.isjea.20220104.01
ISSN: 2720-6319

Інерція як наслідок доповнюваності руху тіла в просторі та часі

Іван Карпенко
Українська нафтогазова Академія (УНГА), Київ, Україна
ORCID 0000-0002-2500-8960

Для цитування цієї статті:
Карпенко Іван. Інерція як наслідок доповнюваності руху тіла в просторі та часі. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 1, No. 4, 2022, pp. 43-55. doi: 10.46299/j.isjea.20220104.01.
Надійшла до редакції: 11 серпня 2022 р.; **Схвалено:** 18 серпня 2022 р.;
Опубліковано: 01 жовтня 2022 р.

Анотація. У теоретичній фізиці проблема інерції була і залишається дискусійним питанням, оскільки походження джерела сили інерції лишається невідомим. Представлений у роботі розв'язок ототожнює інерцію з опором енергетично від’ємного простору. У отриманому виразі для прискорення інерції немає залежності від маси. Тому спроби з'ясувати фізичну сутність інерції в рамках сучасних теорій гравітації виявилися неуспішними. У пропонованому варіанті інерція — це властивість енергетично негативної частини просторово-часового континууму без зовнішніх впливів на тіло забезпечувати його стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, а за наявності зовнішніх сил перешкоджати зміні швидкості тіла. Тобто, інерція є властивістю самого простору. Вивчення інерції у даній роботі проводиться у межах наступної наукової парадигми. Всесвіт розглядається як енергетично нейтральна система, позитивна частина енергії якої представлена речовиною та випромінюванням і, відповідно, часовоподібним континуумом, а негативна – рівномірно розподіленою в просторі енергією античастинок, що забезпечує існування просторовоподібного стану континууму. Використовується властивість взаємної доповнюваності руху у просторі та руху у часі. Зокрема, що квадрат швидкості руху тіла вздовж світової лінії дорівнює сумі квадратів швидкості вздовж просторової та часової осей координат. З використанням цієї властивості обґрунтовується, що сила, яка діє вздовж просторової осі координат, супроводжується появою сили вздовж часової осі протилежного напрямку або сили інерції. Сила інерції направлена на повернення континууму в енергетично мінімальний світлоподібний стан. Прискорення інерції розглядається як сила опору просторовоподібного стану континууму (простору) силі, що з'явилася в часовоподібному його стані (в матеріальному світі). Обчислення прискорення інерції потребує зміни в системі координат: просторова вісь координат стає часовою та, навпаки, часова - просторовою. Це означає, що прискорення інерції пов'язане з тією частиною будови континууму, яка називається просторовоподібним світом, тобто з простором. А оскільки прискорення інерції має протилежний знак звичайному прискоренню, то воно інтерпретується як сила опору простору прискореному руху тіла, тобто як прискорення інерції. Показано, що в початковий момент руху прискорення інерції переважає і тіло, замість прискоритися вперед при додатному значенні звичайного прискорення, рухається назад, а при гальмуванні, навпаки, продовжує рухатися вперед. Цей ефект пояснюється релятивістською природою часу і тим, що прикладання сили переводить тіло з часовоподібного світу до просторовоподібного світу зі зміненою системою координат. Відповідно змінюються і причинно-наслідкові відносини. Прикладена до тіла сила спочатку змінює швидкість руху вздовж часової осі координат, і ця зміна є причиною зміни швидкості руху тіла вздовж просторової осі. Іншими словами, за наявності сили, що впливає на тіло, первинним є рух у часі, а рух у просторі вторинним.

Ключові слова. Інерція, простір, час, доповнюваність руху, прискорення, гравітаційна модель, всесвіт, космічні дослідження.

1. Вступ

На побутовому рівні інерція відчувається наступним чином: при прискоренні руху транспорту пасажир якоюсь силою, що називається зазвичай інерцією, притискається до спинки сидіння, а при гальмуванні, навпаки, відсувається від неї в напрямку руху. Вживши вираз «якоюсь силою», ми маємо на увазі те, що до цього часу не з'ясовано фізичну природу цієї сили і, відповідно, не створено її теорію [*Грин,2004; Сасскинд,2013; Логунов,1987,2006*]. І це незважаючи на те, що в фундаментальній фізиці розгляд сил, які відповідають за розширення Всесвіту, в тому числі й прискорений, йшов паралельно із з'ясуванням природи такої ж таємничої сили, яка відповідає за явище інерції. І, тим не менше, у теоретичній фізиці «…проблема походження інерції була і залишається темним питанням…» [*Пайс,1989*].

2. Об'єкт і предмет дослідження

У пропонованій нами роботі досліджується фізична природа інерції на прикладі найпростішої евклідової або плоскої моделі «безмасового» Всесвіту. Нам здається, що спроби з'ясувати фізичну сутність інерції в рамках сучасних теорій гравітації виявилися неуспішними, перш за все, через відсутність необхідності застосування цього апарату для вивчення інерції.

А ще однією причиною, як нам здається, був пошук природи інерції у закономірностях функціонування енергетично позитивного матеріального світу та ігноруванні властивостей світу негативних енергій Всесвіту.

3. Мета та задачі дослідження

Як буде показано нижче, у природі інерції (у виразі для прискорення інерції) немає залежності від маси. Певною мірою про це свідчить і один з основних висновків спеціальної теорії відносності (СТВ), згідно з яким у порожньому просторі всі тіла мають інерцію, незалежно від наявності або відсутності інших тіл.

Встановлений теоретично і в останнє десятиліття підтверджений експериментально факт прискореного розширення Всесвіту, що пов'язується з наявністю «темної енергії», також не відповідає на питання про фізичну природу інерції. Те саме стосується і запропонованого нами пояснення прискореного розширення Всесвіту впливом «зовнішніх релятивістських мас» [*Іван Карпенко,2022а,б*]. Справа в тому, що «джерела сил інерції не спостерігаються» [*Захаров,2003*]. Тому на наш погляд пояснення явища інерції слід шукати не у взаємодії тіла з якимись силами, що зв'язуються з речовиною і випромінюванням, а у властивостях енергетично негативної частини просторово-часового континууму Всесвіту.

4. Аналіз літератури

Закон інерції в космології формулюється наступним чином [*Пайс,1989*]: система, на яку не діють жодні сили, знаходиться в спокої або в стані рівномірного прямолінійного руху по відношенню до абсолютного простору (в уявленні Ньютона), або до ідеалізованого уявлення про далекі нерухомі зірки (Мах). Мах стверджував, що інерцію у Всесвіті можна обмежити впливом масивних тіл, які утворюють жорстку систему нерухомих зірок на великих відстанях [*Ишлинский,1987; Логунов,2006; Седов,1992; Тарг,1994; Пайс,1989*].

Із поняттям інерції пов'язане поняття інерційних систем відліку. Існування останніх у класичній механіці постулюється першим законом Ньютона (законом інерції). Кількісно

співвідношення між впливом на тіло та зміною його руху дається формулою другого закону Ньютона. Третій закон Ньютона доповнює та розвиває сказане про сили у другому законі [*Кузьмичев,1989; Ландау і Лифшиц,2006*].

Ньютон розглядав інерцію як властивість якогось абсолютного простору, Мах надавав перевагу не простору, а гравітаційному впливу масивних тіл на великих відстанях. Існує і третє тлумачення, що інерція — не властивість простору чи наслідок гравітації, а властивість самого тіла без зовнішніх впливів залишатися у стані спокою чи рівномірного прямолінійного руху, а за наявності зовнішніх сил перешкоджати зміні своєї швидкості за рахунок своєї інертної маси [Грин, 2004].

Про рівень невизначеності у розумінні фізичної природи інерції можна судити за цитатою: «*Протягом усього XX століття принцип Маха так і не отримав одностайного визнання з боку фізиків. Дірак, наприклад, вважав, що цей принцип фізично незрозумілий і, отже, стоїть поза всяким справжнім фізичним знанням. …принцип Маха ніхто однозначно не сформулював «кількісним чином», тобто математично. …Цим принцип Маха нагадує метафізичний принцип інерції, який також виявився неможливим сформулювати строго науково. Це не дивно: джерела сил інерції не спостерігаються. Якщо вони існують, то або знаходяться на нескінченності (Мах лише умовно називає їх «нерухомими зірками»), або вони – весь Всесвіт*» [*Захаров,2003*].

5. Методи досліджень

У підході, що розвивається, інерція — це властивість енергетично негативної частини просторово-часового континууму без зовнішніх впливів на тіло забезпечувати його стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, а за наявності зовнішніх сил перешкоджати зміні швидкості тіла. Тобто, інерція є властивістю континууму без мас, точніше без участі мас Всесвіту.

Розгляд інерції проводиться шляхом розв’язку наступних задач у межах наступної наукової парадигми:

- Всесвіт розглядається як енергетично нейтральна система, позитивна частина енергії якої представлена речовиною та випромінюванням і, відповідно, часовоподібним континуумом, а негативна – рівномірно розподіленою в просторі енергією античастинок, що забезпечує існування просторовоподібного стану континууму.
- Використовується поняття 4-мірного просторово-часового континууму у декартовій псевдоевклідовій системі координат.
- Використовується властивість взаємної доповнюваності руху у просторі та руху у часі, зокрема, що квадрат збільшення швидкості руху тіла вздовж світової лінії дорівнює сумі квадратів збільшення швидкості вздовж просторової та часової осей координат.
- З використанням цієї властивості обґрунтовується, що сила, яка діє в часовоподібному стані континууму вздовж просторової осі координат *r(x,y,z)*, супроводжується появою сили в просторовоподібному стані континууму протилежного напрямку або сили інерції.
- Для пояснення інерції використовується наступна модель просторово-часового континууму: за відсутності зовнішніх впливів континуум перебуває у плоскому (світлоподібному) стані. При появі силового впливу континуум активізує часовоподібний стан і одночасно «індукує» появу протилежно діючої сили інерції з боку просторовоподібного стану континууму, яка прагне повернути систему в колишній енергетично мінімальний світлоподібний стан.
- Прискорення інерції розглядається як сила опору просторовоподібного стану континууму (простору) силі, що з'явилася в часовоподібному його стані (в матеріальному світі).

Розгляд задачі природи інерції ґрунтуватиметься на постулатах спеціальної теорії відносності (СТВ). Але з урахуванням того, що у разі плоского простору метрика, що визначає

відстань між двома нескінченно близькими точками, може бути як евклідовою, так і псевдоевклідовою. Обидві метрики дозволяють використовувати просте класичне правило складання швидкостей руху вздовж просторової та часової осей координат.

Важливим методичним засобом для розгляду проблеми інерції є використання часовоподібного та просторовоподібного станів континууму. Тому спочатку розглянемо фізичний зміст розподілу просторово-часового континууму як цілого на два світи – часовоподібний (ЧП) та просторовоподібний (ПП). А потім покажемо, що подібна схема розгляду може бути застосована і до процесу утворення та пояснення так званих сил інерції.

Розглянемо модель Всесвіту в системі координат Мінковського (ct, r), $r(x, y, z)$, радіус якої збільшується зі швидкістю світла [*Кузьмичев,1989*]:

$x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2$ (1)

Рівняння (1) називають світловим конусом. Внутрішнім областям цієї чотиривимірної фігури відповідають області, які називаються областями абсолютного майбутнього $(t > 0)$ і абсолютного минулого $(t < 0)$ по відношенню до події при $t = 0$. При цьому виконується умова:

$s_{12}^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 > 0,$ (2)

де (x_1, y_1, z_1, t_1) – координати деякої першої події, а (x_2, y_2, z_2, t_2) – другої. Простір-час, що описуються нерівністю (2), називають часовоподібним (ЧП). Зі структури нерівності (2) випливає, що події, розділені ЧП-інтервалами $(s_{12}^2 > 0)$, можуть бути причинно пов'язаними. Для таких подій немає системи відліку, в якій вони відбувалися б одночасно, тобто умова $t_2 \neq t_1$ є обов'язковою. Справді, якщо дві події суміщені за просторовими координатами ($x_2 = x_1$, $y_2 = y_1$, $z_2 = z_1$), то вони не суміщаються за часовою координатою, тобто виявляється неможливим виконання рівності $t_2 = t_1$, оскільки в такому разі порушується умова $s_{12}^2 > 0$.

І, навпаки, події, що розділені просторовоподібними (ПП) інтервалами

$s_{12}^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 < 0,$ (3)

ні в якій системі відліку не можуть виявитися суміщеними в одній точці простору: $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \neq 0$. В іншому випадку необхідно буде визнати, що умова $s_{12}^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 < 0$ є справедливою. Умові (3) відповідає простір розташований із зовнішнього боку світлового конуса; його називають простором абсолютно віддалених подій.

Повертаючись до Всесвіту, визначимо його простір в такий спосіб. Усі події, що мають уявні швидкості $0 \leq v \leq c$, потрапляють у ЧП-світ, в якому вони можуть бути пов'язані між собою принципом причинності, а також можуть бути просторово поєднаними. Тобто, тут частинки матерії можуть зближуватись і утворювати всілякі асоціативні форми від ядра атома до планет, зірок, їх асоціацій тощо.

Події з уявними швидкостями $c < v < \infty$ знаходяться в області абсолютно віддалених подій. Тут вони з погляду спостерігача, що знаходиться у деякому обраному початку координат, не можуть бути просторово суміщеними. Матерія тут представляється спостерігачеві у нескупченому вигляді, подібно до енергії вакууму, яка в даний час визначається як нескупчена, тобто рівномірно розподілена в просторі [*Захаров,2003*].

Для нашої задачі буде важливою властивість взаємної замінності ЧП-стану і ПП-стану континууму, що виражається в тому, що один стан переходить в інший шляхом заміни часової осі координат на просторову і, навпаки, просторової осі на часову, що легко проглядається у вигляді нерівності (2) та нерівності (3).

6. Результати досліджень

6.1. Формульний вираз для інерції

Відповідно до СТВ два види руху - вздовж просторової та часової осі координат - завжди взаємно доповнювані: для нерухомого в просторі об'єкта швидкість руху в часі дорівнює швидкості світла, тоді як для об'єкта, що рухається в просторі, швидкість руху в часі уповільнюється. Але загальна чи сумарна швидкість руху об'єкта у просторі та в часі, тобто вздовж світової лінії, завжди дорівнює швидкості світла [*Сасскинд,2013*].

З урахуванням властивості доповнюваності вираз для швидкості руху тіла у 4-мірній декартовій системі координат записується у вигляді:

$$V^2 + v^2 = c^2,\ \ V = V(t),\ \ v = v(t)\ . \qquad (4)$$

Тут c – швидкість світла вздовж світової лінії, V – швидкість руху тіла вздовж «часової» осі ct, v – швидкість тіла вздовж просторової осі r. З (4) слідує, що для нерухомого об'єкта ($v = 0$) $V = c$, тобто рух відбувається лише вздовж часової осі ct і швидкість цього руху дорівнює швидкості світла. Якщо рух зі швидкістю світла здійснюється вздовж просторової осі ($v = c$), то $V = 0$ і сумарний рух відбувається лише вздовж просторової осі r. Звідси випливає, що світло поширюється лише у просторі і не поширюється в часі. Альтернативний висновок – непорушний об'єкт, який рухається тільки в часі і не рухається у просторі.

Нас буде цікавити варіант, коли швидкість руху тіла у просторі відмінна від нуля ($0 < v < c$) і змінюється з часом, тобто тіло зі змінною швидкістю одночасно рухається і вздовж просторової і вздовж часової осі. Залежність швидкості v вздовж просторової осі r від часу t означає прискорений рух тіла, і це виводить розглядувану задачу за межі СТВ, оскільки остання розглядає лише постійні швидкості руху.

Нехай за час $\Delta t = t_2 - t_1$ швидкість руху тіла вздовж просторової осі координат збільшилася від значення v_1 до значення v_2, приріст швидкості $\Delta v = v_2 - v_1$. Природно, що відповідно до (4) відбувається зміна швидкості ΔV тіла і вздовж часової осі координат. Для його знаходження розглянемо вираз:

$$V_2^2 - V_1^2 = (c^2 - v_2^2) - (c^2 - v_1^2) = v_1^2 - v_2^2. \qquad (5)$$

Після простих перетворень отримуємо:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{V_2 + V_1}, \quad . \qquad (6)$$

Спростимо задачу, припустивши, що тіло починає рух зі стану спокою. Тоді $v_1 = 0$, а $V_1 = c$, оскільки у стані спокою тіло вздовж осі часу рухається зі швидкістю світла. Тоді:

$$\Delta V = -\frac{v_2^2}{V_2 + c} = -\frac{v^2}{V + c}. \qquad (7)$$

В (7) покладено, що при русі зі стану спокою за час Δt тіло вздовж просторової осі набуло швидкості $v_2 = v$, а вздовж осі часу швидкість зменшилася від значення c до значення $V < c$, що пояснює негативне значення величини ΔV.

Тепер врахуємо, що відповідно до властивості доповнюваності $V^2 = c^2 - v^2$, тоді формула (7) набуде наступного вигляду:

$$\Delta V = -\frac{v^2}{\sqrt{c^2 - v^2} + c}. \qquad (8)$$

Збільшення швидкості Δv за час Δt свідчить про те, що на тіло діє якась сила, що прискорює його. І навпаки, негативне значення величини ΔV означає, що тіло гальмується якоюсь силою і ця сила пов'язана з четвертою координатою просторово-часового континууму ct.

Оскільки ми розглядаємо континуум без присутності маси (крім пробної маси), то видається, що єдиною «силою», що відповідає за уповільнення швидкості руху тіла вздовж часової координатної осі, є сила опору самого простору.

Більше того, як би не змінювалася «просторова» швидкість тіла v (збільшувалася або зменшувалася), приріст «часової» швидкості ΔV згідно з (8) завжди має протилежну за знаком

величину, що й дозволяє пов'язувати силу опору простору з силою інерції, яка протидіє зміні швидкості руху тіла так само як і енергетично негативний простір. Тому слід зробити висновок, що прискорення інерції це сила опору просторовоподібного стану континууму (або простору) силі, що з'явилася в часовоподібному його стані (або в матеріальному світі).

З досвіду також відомо, що прояв інерції залежить і від проміжку часу Δt, протягом якого швидкість вздовж просторової осі координат змінилася на Δv, а вздовж часової осі від значення c до значення $\sqrt{c^2 - V^2}$. Тобто, як і будь-яка сила, сила опору простору залежить від прискорення тіла вздовж осі ct.

Але оскільки при малих значеннях швидкості v, а саме цей випадок нас буде цікавити, величина швидкості V порівнянна зі значенням швидкості світла c, то обчислення відповідних їм часів необхідно проводити з урахуванням релятивістських ефектів:

$$\Delta T = \Delta t\sqrt{1 - V^2/c^2}\ . \qquad (9)$$

Врахуємо, що $V^2 = c^2 - v^2$, після чого (9) набуває вигляду:

$$\Delta T = \frac{v\Delta t}{c}. \qquad (10)$$

Поділом виразу (8) на (10) отримуємо прискорення a, яке відчуває тіло внаслідок руху вздовж часової осі:

$$a = \lim_{\Delta T\to 0}\frac{\Delta V}{\Delta T} = -\frac{v}{\Delta t}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = -\frac{a_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}+1}}. \qquad (11)$$

Тут $a_0 = \lim\limits_{\Delta t\to 0}\frac{v}{\Delta t}$ – прискорення тіла вздовж просторової координатної осі $r(x, y, z)$ за умови, що початку руху відповідає стан спокою тіла.

Якщо повернутися до умови, що тіло починає свій рух зі стану спокою ($\Delta v = v_2 - v_1$, $v_1 = 0$) та у формулі (11) зробити заміну v на $\Delta v = v_2 = v$, то отримаємо остаточний вигляд формули для прискорення інерції:

$$a == -\frac{a_0}{\sqrt{1-\frac{(\Delta v)^2}{c^2}+1}},\ \ a_0 = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta v}{\Delta t}\ . \qquad (12)$$

Зазначимо головну властивість простору, що слідує з формули (12): якщо вздовж просторової координати r пробне тіло рухається з прискоренням a_0, то цьому руху протидіє гальмуюча сила чи сила інерції з прискоренням a. При збільшенні швидкості тіла ($v_2 > v_1$) прискорення інерції має негативний знак (пасажир притискується до спинки сидіння). При уповільненні ($v_2 < v_1$) прискорення інерції має позитивний знак (пасажир зміщується у напрямку руху). При постійній швидкості руху ($v_2 = v_1$) прискорення інерції дорівнює нулю, простір не перешкоджає руху тіла з постійною швидкістю чи станом спокою тіла.

На початку руху ($\Delta v \to 0$) прискорення інерції $a \to a_0/2$. Зі зростанням градієнта швидкості Δv прискорення інерції зростає і в іншому крайньому випадку ($\Delta v = c$) стає рівним a_0. Як бачимо, для практично всіх значень градієнта швидкості $\Delta v < c$ прискорення інерції $a < a_0$, що дозволяє тілу прискорюватися і досягати бажаного постійного значення швидкості, при якому прискорення інерції стає рівним нулю.

Тобто, коли градієнт швидкості тіла досягає швидкості світла, прискорення інерції, що протидіє, стає рівним «прямому» прискоренню a_0, настає рівність протидіючих сил і тіло рухається з постійною швидкістю рівної швидкості світла. Цей випадок відповідає фотону, для якого $\Delta v = c$, тобто фотон зі стану спокою (або з моменту народження) відразу «стартує» із прискоренням $c/\Delta t$, де $\Delta v = c,\ \ \Delta t = 1$ сек.

6.2. Причина зворотного руху тіла на початковий момент руху

Але залишається без відповіді питання: якщо прискорення інерції a за абсолютною величиною менше a_0, чому в початковий момент руху воно все-таки переважає і тіло, замість прискоритися вперед при $a_0 > 0$, рухається назад, а при гальмуванні ($a_0 < 0$), навпаки, продовжує рухатися вперед? Відповідь міститься у релятивістській природі часу. Згідно з

виразом (10) «ініціююче» прискорення a_0 досягає цього значення за час Δt, тоді як прискорення інерції при малих значеннях швидкості тіла v досягає величини $a = a_0/2$ за значно менший час $\Delta T = \frac{v\Delta t}{c}$.

Інтуїтивно ми припускали, що сила, що викликає прискорення тіла, призводить до зміни швидкості тіла вздовж просторової осі координат від значення v_1 до значення $v_2 > v_1$ або $v_2 < v_1$. Відповідно зміна швидкості руху ($\Delta v = v_2 - v_1$) вздовж просторової осі координат є причиною зміни швидкості тіла $\Delta \mathrm{V} = V_2 - V_1$ вздовж часової. Таким чином, ΔV є як би наслідком зміни швидкості Δv.

Але такий висновок не узгоджується з тим, що у ЧП-світі причина передує наслідку, а в нашому випадку причина (тривалість Δt чинної сили) виявилася більш тривалою, ніж тривалість наслідку ΔT.

Змінимо нашу первинну установку. Будемо вважати, що сила, що викликає прискорення тіла, спочатку призводить до зміни його швидкості вздовж часової осі координат - від значення V_1 до значення $V_2 > V_1$ або $V_2 < V_1$. У цьому випадку зміна швидкості руху $\Delta v = v_2 - v_1$ вздовж часової осі координат стає причиною зміни швидкості тіла $\Delta v = v_2 - v_1$ вздовж просторової осі. І тоді, відповідно, тривалість ΔT або час дії сили (причини) виявляється, як і має бути, меншою за тривалість або протяжність Δt реакції на силу.

Повернемося до фізичного тлумачення цього явища чи інерції. При постійній швидкості руху тіла результуючий рух також розкладається на складові – рух у часі та рух у просторі. Але всі ці рухи відбуваються у ЧП-світі, де кожному значенню швидкості відповідає значення часу, що визначається за допомогою СТВ. Поняття сили в СТВ відсутнє, розглядаються лише інерційні системи, які рухаються з постійними значеннями швидкості.

Прикладення сили переводить тіло з ЧП-світу до ПП-світу зі зміненою системою координат. Просторова вісь стає часовою віссю, часова вісь – просторовою. Відповідно змінюються і причинно-наслідкові відносини. Сила змінює швидкість руху вздовж часової осі координат, і ця зміна є причиною зміни швидкості руху тіла вздовж просторової осі. Іншими словами, за наявності сили, що впливає на тіло, первинним стає, точніше – є, рух у часі, а рух у просторі вторинним.

А тепер про причину зворотного руху тіла у початковий момент руху. Після застосування сили і закінчення часу $\Delta T = \frac{v\Delta t}{c}$ прискорення інерції досягає значення $a(\Delta T) = a_0/2$. Прискорення вздовж просторової осі досягне значення a_0 лише за час Δt. Його значення протягом часу ΔT визначимо з умови лінійного зростання цього прискорення від 0 до a_0 протягом *Δt*. В результаті отримуємо, що:

$$a_0(\Delta T) = a_0 \frac{v}{c}. \qquad (13)$$

Умова, за якої в момент ΔT прискорення інерції $\frac{a_0}{2}$, що діє в протилежному напрямку, перевищить звичайне прискорення $a_0 \frac{v}{c}$, має вигляд:

$$\frac{a_0}{2} > a_0 \frac{v}{c}. \quad \text{Або} \quad v < c/2. \qquad (14)$$

Звідси робимо висновок, що інерція у вигляді протилежного напрямку руху проявляється лише за швидкості v меншій половини швидкості світла. При швидкості більшій половини швидкості світла інерція зменшує величину звичайного прискорення, але не призводить до руху в зворотному напрямку.

6.3 Прискорення інерції та властивості континууму

Формула (12) для прискорення інерції була отримана шляхом заміни просторової осі координат на часову координату і, навпаки, часової координати на просторову. Тобто було використано властивість взаємної замінності ЧП-стану та ПП-стану континууму. При цьому

прискорення інерції проявилося як реакція ПП-стану континууму на прискорення тіла, що з'явилося у ЧП-світі континууму.

6.4. Прискорення інерції – властивість не матеріальної, а просторової частини континууму

Важливо відзначити, що прискорення інерції є властивістю саме ПП стану континууму, воно як би «прив'язане» до часової координати в 4-мірній системі координат і не залежить від маси тіла. Воно залежить лише від швидкості тіла та його прискорення вздовж просторової координати. Від маси тіла залежить сила інерції - як добуток маси тіла на прискорення інерції. Тому прискорення інерції – це властивість порожнього просторово-часового континууму за наявності зовнішніх сил перешкоджати зміні швидкості тіла.

Нагадаємо, що за Ньютоном, сила інерції тіла породжується дією на нього абсолютного простору. Тому слід зазначити, що найближчим до розуміння фізичної ідеї інерції виявився саме Ньютон. Але можливість фізичного пояснення явища інерції виникла лише після створення Ейнштейном СТВ. Але і в цей час і протягом усього 20-го століття зв'язок прискорення інерції з рухом вздовж часової координати *ct*, а узагальнено - з енергетично негативною частиною просторово-часового континууму - ПП-світом, не була усвідомлена.

6.5 Прискорення інерції та третій закон Ньютона

Відповідно до третього закону Ньютона сили здатні існувати лише попарно, при цьому природа сил у кожній такій парі однакова. Тобто, згідно з класичною механікою, будь-яка сила, що діє на тіло, має джерело походження у вигляді іншого тіла. Інакше кажучи, сили обов'язково є результатом взаємодії тіл.

У нашому випадку ситуація дещо інша: деякій фізичній силі, що впливає на тіло, у ЧП-світі перешкоджає не інша фізична сила опору з цього ж світу (наприклад, сила тертя або інша), а сила іншої природи з ПП-світу. Тому і третій закон Ньютона рівності діючих і протидіючих сил, справедливий для сил у ЧП-світі, потребує переосмислення. Прискорення інерції, що породжується ПП-світом, більше або менше менше ініціюючого його прискорення у ЧП-світі в залежності від моменту руху та величини ініціюючого прискорення.

Особливий стан сили інерції у порівнянні з іншими силами відображений і в інших мовах: «у німецькій Scheinkraft («уявна», «видима», «хибна», «фіктивна» сила), в англійській pseudo force («псевдосила»)) або fictitious force («фіктивна сила»)» [*Ишлинский,1987; Седов,1992*].

Зазнає змін і поняття інертної маси. Відповідно до [*Седов,1992; Тарг,1994*]: Інертна маса - міра інертності тіла у фізиці, показник того, більшою чи меншою мірою дане тіло перешкоджатиме зміні своєї швидкості щодо інерційної системи відліку при впливі зовнішніх сил. Відмітимо, що інертна маса фігурує у виразі другого закону Ньютона, що є найважливішим законом класичної механіки.

У цьому визначенні саме тіло перешкоджає зміні своєї швидкості під впливом зовнішніх сил. У запропонованому нами визначенні інертної маси зміні швидкості тіла перешкоджає простір. Тому начебто прийнятним може бути наступне визначення: «Інертна маса — міра інертності тіла, показник того, якою мірою просторово-часовий континуум перешкоджатиме зміні швидкості тіла щодо інерційної системи відліку при впливі зовнішніх сил».

6.6. Простір - як поле енергії античастинок

У фізиці елементарних частинок встановлено, що створення частинок супроводжується появою такої ж кількості античастинок. Відповідно до Стандартної моделі створена речовина та антиречовина анігілює практично в момент створення і лише приблизно одна частка

речовини з мільярда пар залишається у Всесвіті, породжуючи проблему баріонної асиметрії [*Кузьмичев,1989; Общая…,1983; Ландау і Лифшиц,2006*].

При цьому замовчується питання, куди подівалися античастинки тих частинок, що уникнули анігіляції? Чи не логічно припустити, що негативна енергія кожної античастинки і є тими «цеглинами», з яких утворено простір як окрема від речовини сутність? Іншими словами, негативна енергія античастинок йде на утворення тієї складової континууму - власне простору, з якої випливають просторовоподібні властивості континууму? Енергетично позитивний світ речовини має часовоподібні властивості, енергетично негативний світ простору – просторовоподібні. В результаті Всесвіт виявляється енергетично нейтральним.

6.7. «Дзеркальність» ЧП та ПП світів

Якщо простір представлено негативною енергією античастинок, він має створювати і поле (поле простору) зі знаком протилежним звичайному гравітаційному полю речовини. Тобто не притягувати дві події одна до одної, а, навпаки, відштовхувати. Тому властивість неможливості суміщення двох подій у просторі (чи ПП-полі) є необхідною (дозвільною) умовою розширення простору Всесвіту. На противагу йому властива ЧП-полю властивість суміщення двох подій у просторі є необхідною умовою для утворення компактних форм речовини – речових (матеріальних) тіл.

Умовно кажучи, має місце дзеркальність ЧП та ПП світів. Властивість світу речовини до суміщення двох подій у просторі (властивість гравітації) має дзеркальну еквівалентність по відношенню до властивості світу простору щодо неможливості суміщення двох подій у просторі (властивість антигравітації). Ще один прояв дзеркальності: властивість світу речовини до неможливості збігу двох подій у часі (властивість причинності) має своїм дзеркальним відображенням у світі простору властивість збігу двох подій у часі (властивість нелокальності Всесвіту чи далекодіючого квантового заплутування).

6.8. ПП-поле не заповнює простір, а є сутністю простору

Слова Ейнштейна, що «простір немислимий без ефіру», у нашому розумінні означають неможливість простору без енергії, що негативна енергія античастинок є сутністю простору. Тобто простір – це синонім негативної темної енергії чи космологічної константи. Це світ, представлений розсіяною однорідною негативною енергією – ПП-полем, званий у рівняннях тяжіння Ейнштейна космологічною постійною чи темною енергією нині.

Зазначимо принципову відмінність поняття простору у нашому випадку та інших космологічних теоріях. Ми простір і створену античастинками негативну енергію у Всесвіті (ПП-полі) ототожнюємо, тобто це та сама сутність. Тоді як зазвичай прийнято вважати, що темна енергія (невідомого походження) заповнює простір, тобто простір і темна енергія розглядаються як різні фізичні сутності.

Альтернативою ідеї ПП-поля є гіпотеза про існування деякого нового фізичного поля (поля Хіггса), все ще дискусійної природи, яким доводиться наповнювати простір і приписувати йому не лише властивість прискореного розширення простору Всесвіту, а й властивість забезпечувати масою елементарні частки, зокрема такі як бозони слабкої взаємодії.

Можна стверджувати, що створене античастинками енергетично негативне ПП-поле – це те саме, що й поле Хіггса, яке розглядається як третій тип поля після перших двох – електромагнітного та ймовірнісних хвиль квантової механіки. «*Хіггсів океан є таким щось невидимим, яке заповнює те, що ми зазвичай розуміємо під порожнім простором*» [*Грин,2004*]. На відміну від ефіру він «*…не впливає жодним чином на швидкість світла, … не конфліктує зі СТВ… незважаючи на певну подібність до ефіру, Хіггсові поля не конфліктують з теорією чи експериментом*» [*Грин,2004*].

Енергетично негативне ПП-поле, як і Хіггсів океан, не впливає жодним чином на тіло, що рухається з постійною швидкістю, воно реагує тільки на прискорений рух. Тобто явище інерції – це властивість ПП-поля (Хіггсового океану) реагувати на прискорений рух тіла.

6.9. Розширення Всесвіту як наслідок неможливості суміщення двох подій у ПП-полі

У роботах [*Іван Карпенко,2022а,б*] обґрунтовується, що прискорене розширення відбувається внаслідок впливу релятивістських зовнішніх мас у Всесвіті, тобто що фізична природа цього явища гравітаційна і не потребує існування невідомих сил і, відповідно, п'ятої фундаментальної взаємодії, існування яких необхідне для пояснення поля Хіггса. Але залишилося осторонь питання, яка фізична природа звичайного неприскореного розширення простору.

Ще Фрідман і Леметр виявили, що наявність гравітаційного тяжіння однорідно розподіленої по всьому космосу матерії приводить до того, що тканина простору повинна розтягуватися або стискатися, але що вона не може перебувати з фіксованим розміром [*Захаров,2003*]. При цьому причина руху в різні боки не пов'язана з вибухом всередині простору. Рух у різні боки виникає з неослабного «розбухання» самого простору. Ми вважаємо, що «розбухання» простору відбувається внаслідок негативної енергії простору, створеного античастинками, внаслідок притаманної ПП-полю властивості неможливості суміщення двох подій у просторі, як властивості антигравітації.

6.10. Енергетична відмінність ПП-поля (темної енергії) та темної матерії

Підкреслимо також відмінність між темною енергією та темною матерією. Зазвичай вважається, що темна матерія - це все-таки матерія, що заповнює простір і проявляє гравітаційний вплив, але не випромінює світла. Темна матерія в нашому розумінні - це сутність, що належить світові речовини (ЧП-світу), вона позитивна, тоді як темна негативна енергія – це світ простору (ПП-світу). Тому в поняття густини речовини у Всесвіті темна матерія входить, а темна енергія входити не може. Проте обидві ці сутності з протилежними знаками енергії об'єднані в так званій Узгодженій інфляційній LambdaCDM космологічній моделі – моделі Всесвіту з домінуванням темної енергії та темної матерії.

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Запропонований розв'язок задачі інерції має перспективи розвитку, як мінімум, у двох напрямках. По-перше, появляється можливість теоретично обґрунтованого створення технологій, що пов'язані з явищем інерції. Це, перш за все, оптимізація прискореного руху тіл – при їх розгоні чи гальмуванні.

По-друге, в задачі інерції реалізована можливість переходу із звичного нам часовоподібного простору-часу з його причинно-наслідковими властивостями в просторовоподібний континуум, в якому не має місця причинно-наслідковим зв'язкам, але появляється можливість суміщення подій в часі. Саме через те, що будь-який рух починається з прискорення, а прискорений рух відбувається в просторовоподібному світі, появляється можливість фізичного пояснення таких феноменів спеціальної теорії відносності як уповільнення часу та лоренцеве скорочення.

Взагалі, продемонстроване в даній роботі використання можливостей просторовоподібного світу має стати стимулом для пояснення багатьох ще нез'ясованих природних феноменів. Назвемо один з них – напрочуд синхронна поведінка окремих подій в начебто хаотично організованих дискретних системах, таких як рій бджіл, косяків риб, табунів антилоп та ін. Всі вони тим чи іншим способом створюють власний просторовоподібний світ, який сприяє індивідуальному виживанню подій в системі.

8. Висновки

Просторово-речовий континуум Всесвіту розглядається як такий, що складається з двох взаємодіючих світів: 1) часу подібного (ЧП) світу, створеного позитивною енергією речовини та випромінюванням; 2) простору подібного (ПП) світу чи простору, створеного негативною енергією античастинок.

Для обґрунтування інерції використовується властивість взаємної доповнюваності руху у просторі та руху у часі. Згідно з нею у псевдоевклідовому просторі Мінковського сума квадратів швидкості руху тіла вздовж просторової осі та часової осі дорівнює квадрату швидкості світла.

Показано, що рух тіла з прискоренням a_0 вздовж просторової осі $r(x, y, z)$ супроводжується появою прискорення руху a і вздовж часової осі координат ct. Прискорення a_0 обчислюється як граничне збільшення швидкості руху вздовж осі $r(x, y, z)$ за час Δt, що визначається вздовж осі ct. Прискорення a обчислюється як граничне збільшення швидкості руху вздовж осі ct за час ΔT, що визначається вздовж осі $r(x, y, z)$.

Тобто обчислення прискорення a супроводжується зміною системи координат: просторова вісь координат стає часовою та, навпаки, часова просторовою. Це означає, що прискорення a пов'язане з особливостями будови континууму, який ми назвали ПП-світом, тобто з простором. А оскільки прискорення a має протилежний знак прискоренню a_0, то воно інтерпретується як сила опору простору прискореному руху тіла, тобто як прискорення інерції.

Прискорення a а за абсолютною величиною менше a_0. Показано, що в початковий момент руху воно переважає і тіло, замість прискоритися вперед при $a_0 > 0$, рухається назад, а при гальмуванні ($a_0 < 0$), навпаки, продовжує рухатися вперед.

Цей ефект пояснюється релятивістською природою часу і тим, що прикладання сили переводить тіло з ЧП-світу до ПП-світу зі зміненою системою координат. Відповідно змінюються і причинно-наслідкові відносини. Прикладена до тіла сила спочатку змінює швидкість руху вздовж часової осі координат, і ця зміна є причиною зміни швидкості руху тіла вздовж просторової осі. Іншими словами, за наявності сили, що впливає на тіло, первинним є рух у часі, а рух у просторі вторинним.

Список літератури:

1) *Грин Б. Р.* (2009). Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности / Перевод Юрия Артамонова книги «The fabric of the cosmos: space, time and the texture of reality / Brian R. Greene». Random House, Inc., New York, 2004.

2) Захаров В.Д. (2003). Тяготение. От Аристотеля до Эйнштейна. Лаб. Знаний, 278 с.

3) Карпенко, І. (2022). НОВЕ У ЗАКОНІ ТЯЖІННЯ НЬЮТОНА І ПРИСКОРЕНЕ РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 1(3), 161–182. вилучено із https://isg-journal.com/isjea/article/view/24

4) Карпенко, І. (2022). ДО ПРИРОДИ СИЛИ ПРИСКОРЕНОГО РОЗШИРЕННЯ ВСЕСВІТУ І ФІЗИЧНОГО МЕХАНІЗМУ УТВОРЕННЯ «КОСМІЧНОЇ ПАВУТИНИ». International Science Journal of Engineering & Agriculture, 1(3), 229–246. вилучено із https://isg-journal.com/isjea/article/view/31.

5) Ишлинский, А. Ю. (1987). Классическая механика и силы инерции. М.: «Наука», 320 с.

6) Кузьмичев, В. Е. (1989). Законы и формулы физики/Отв. ред. ВК Тартаковский. Киев: Наукова думка, 864 с.

7) Ландау, Л. Д., & Лифшиц, Е. М. (2001). Теория поля.–Издание 8-е, стереотипное. М.: Физматлит, 534 с.

8) (1987). Лекции по теории относительности и гравитации: современный анализ проблемы.

9) Логунов А. А. (1987). «Лекции по теории относительности и гравитации. Современный анализ проблемы», М.:" Наука"

10) Логунов А. А. (2006). Релятивистская теория гравитации. М.: Наука, 253 с.

11) Паули, В. (1983). Теория относительности. Наука. Пер. с англ./Под ред. С. Хокинга, В. Израэля. М.: Мир, 455 с.

12) *Пайс А*. (1989). Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна: Пер. с англ./Под ред. акад. А. А. Логунова. М.; Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 568 с.

13) Сасскинд, Л. (2013). Битва при чёрной дыре. Моё сражение со Стивеном Хокингом за мир, безопасный для квантовой механики. СПб.: Питер, 448 с.

14) Седов Л. И. (1992). Об основных моделях механики. М.: МГУ, 1, 6-17, 151 с.

15) *Тарг С. М*. (1994). Сила инерции. Большая Российская энциклопедия, том 4.

Inertia as a consequence of complementarity of body movement in space and time

Ivan Karpenko
Ukrainian Oil and Gas Academy (UNGA), Kyiv, Ukraine
ORCID 0000-0002-2500-8960

Abstract. In theoretical physics, the problem of inertia was and remains a controversial issue, since the origin of the source of the inertial force remains unknown. The solution presented in the paper equates inertia with the resistance of energetically negative space. In the obtained expression for the acceleration of inertia there is no dependence on the mass. Therefore, attempts to find out the physical essence of inertia within the framework of modern theories of gravity were unsuccessful. In the proposed version, inertia is the property of the energetically negative part of the space-time continuum without external influences on the body to ensure its state of rest or uniform rectilinear motion, and in the presence of external forces to prevent the body's velocity from changing. That is, inertia is a property of space itself. The study of inertia in this work is carried out within the following scientific paradigm. The universe is considered as an energetically neutral system. The positive part of whose energy is represented by matter and radiation and, accordingly, by a time-like continuum. The negative part of the energy is represented by the energy of antiparticles uniformly distributed in space, which ensures the existence of a space-like state of the continuum. The property of mutual complementarity of movement in space and movement in time is used. In particular, the square of the speed of the body's movement along the world line is equal to the sum of the squares of the speed along the spatial and temporal coordinate axes. Using this property, it is justified that the force acting along the spatial axis of coordinates is accompanied by the appearance of a force along the time axis of the opposite direction or the force of inertia. The force of inertia is aimed at returning the continuum to the energy-minimum light-like state. The acceleration of inertia is considered as the force of resistance of the space-like state of the continuum (space) to the force that appeared in its time-like state (in the material world). Calculating the acceleration of inertia requires a change in the coordinate system: the spatial coordinate axis becomes temporal and, conversely, temporal - spatial. This means that the acceleration of inertia is related to that part of the structure of the continuum, which is called the spatial world, that is, with space. And since the acceleration of inertia has the opposite sign to the usual acceleration, it is interpreted as the resistance of space to the accelerated movement of the body, that is, as the acceleration of inertia. It is shown that at the initial moment of motion, the acceleration of inertia prevails and the body, instead of accelerating forward at a positive value of the usual acceleration, moves backward, and when decelerating, on the contrary, continues to move forward. This effect is explained by the relativistic nature of time and the fact that the application of force transfers the body from a time-like world to a space-like world with a changed coordinate system. Causal relations also change accordingly. The force applied to the body first changes the speed of movement along the time axis of coordinates, and this change is the cause of the change in the speed

of movement of the body along the spatial axis. In other words, in the presence of a force acting on the body, the primary is motion in time, and the secondary is motion in space.

Keywords. Inertia, space, time, complementarity of motion, acceleration, gravitational model, universe, space research.